

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-88915

(43)公開日 平成6年(1994)3月29日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 9018-2K

M 9018-2K

審査請求 未請求 請求項の数28(全 12 頁)

(21)出願番号 特願平5-56316

(22)出願日 平成5年(1993)2月23日

(31)優先権主張番号 8 4 0 7 4 9

(32)優先日 1992年2月24日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 390037903

コーニング インコーポレイテッド

CORNING INCORPORATE
D

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 コーニ
ング (番地なし)

(72)発明者 ベンカタ アディセシャイア バーガバチ
ュラ

アメリカ合衆国ニューヨーク州14814、ビ
ッグ フラッツ、オーチャード ドライブ
267

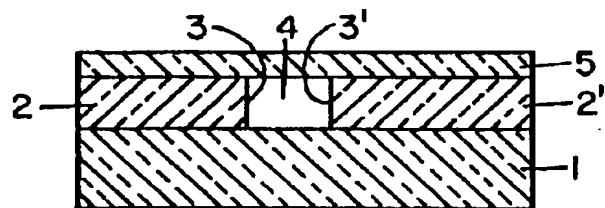
(74)代理人 弁理士 山元 俊仁

(54)【発明の名称】 プレーナ光導波路およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 例えばレンズ、回折格子、マイクロプリズムのようなプレーナ光部品または要素を1つまたは数個含んだ集積されたプレーナ光導波路を提供することを目的とする。

【構成】 プレーナ光導波路が基体1、導波路コア層2、少なくとも1つのプレーナ光要素を具備しており、そのプレーナ光要素は空洞4に隣接した少なくとも1つの光学的に機能する境界面3と、オーバークラッド層5を具備している。前記空洞は前記導波路コア層の屈折率に比較して屈折率の差が実質的に大きいから、前記プレーナ光要素の光学的性能を高める作用をする。また、このようなプレーナ光導波路を製造する方法も開示されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プレーナ光導波路において、

(a) 基体と、

(b) 前記基体と結合されてプレーナ構造を形成する少なくとも1つの光伝導性コア材料領域と、

(c) 前記光伝導性コア材料の領域に形成され、この領域における少なくとも1つの光学的に機能する境界面を具備しており、前記少なくとも1つの光学的に機能する境界面が空洞に隣接しており、前記空洞はその屈折率が前記光伝導性コア材料の領域の屈折率とは実質的に異なっているように空気を含んでいるかあるいは脱気されている少なくとも1つのプレーナ光要素と、

(d) 前記少なくとも1つの光伝導性コア材料領域および前記少なくとも1つのプレーナ光要素上に添着されたオーバークラッド材料の領域を具備したプレーナ光導波路。

【請求項2】 前記少なくとも1つのプレーナ光要素がレンズである請求項1のプレーナ光導波路。

【請求項3】 前記少なくとも1つのプレーナ光要素がマイクロプリズムである請求項1のプレーナ光導波路。

【請求項4】 前記少なくとも1つのプレーナ光要素が回折格子である請求項1のプレーナ光導波路。

【請求項5】 前記プレーナ光導波路がM×Nカプラとして機能し、MおよびNが整数である請求項1のプレーナ光導波路。

【請求項6】 前記光伝導性コア材料の領域がシリカまたはドーパされたシリカガラスよりなる請求項1のプレーナ光導波路。

【請求項7】 前記光伝導性コア材料の領域の屈折率と前記少なくとも1つのプレーナ光要素の屈折率の差が約0.04より大きい請求項1のプレーナ光導波路。

【請求項8】 前記光伝導性コア材料の領域の屈折率と前記少なくとも1つのプレーナ光要素の屈折率の差が約0.04~2.0の範囲内である請求項7のプレーナ光導波路。

【請求項9】 プレーナ光導波路において、

(a) 基体と、

(b) 前記基体と結合されてプレーナ構造を形成する少なくとも1つの光伝導性コア材料領域と、

(c) 前記少なくとも1つの光伝導性コア材料領域内に形成された少なくとも1つのプレーナ光要素よりなり、前記プレーナ光要素が前記光伝導性コア材料領域の屈折率とは実質的に異なる屈折率を特徴としているプレーナ光導波路。

【請求項10】 前記プレーナ光要素は前記光伝導性コア材料領域における少なくとも1つの光学的に機能する境界面を具備しており、前記少なくとも1つの光学的に機能する境界面は空洞に隣接しており、前記空洞は空気を含んでいるかあるいは脱気されていて、この空洞の屈折率が約1.0であるようになされており、かつ前記少な

くとも1つの光伝導性コア材料領域の屈折率は約1.5より大きいあるいはそれに等しくなされている請求項9のプレーナ光導波路。

【請求項11】 前記空洞がドーパされたシリカガラスまたは窒化ケイ素、オキシ窒化ケイ素あるいは無定形ケイ素のような他の高屈折率材料を含んでいて、前記プレーナ光要素の屈折率が約1.5より実質的に大きく、かつ前記少なくとも1つの光伝導性コア材料領域の屈折率が約1.5より実質的に小さくされている請求項9のプレーナ光導波路。

【請求項12】 前記プレーナ光導波路がM×Nカプラとして機能し、MおよびNは整数である請求項9のプレーナ光導波路。

【請求項13】 前記少なくとも1つの光伝導性コア材料領域の屈折率と前記少なくとも1つのプレーナ光要素の屈折率の差が約0.04より大きくなされている請求項9のプレーナ光導波路。

【請求項14】 前記少なくとも1つの光伝導性コア材料領域の屈折率と前記少なくとも1つのプレーナ光要素の屈折率の差が約0.04~2.0の範囲内となされている請求項13のプレーナ光導波路。

【請求項15】 前記少なくとも1つの光伝導性コア材料領域はシリカまたはドーパされたシリカ材料よりなる請求項9のプレーナ光導波路。

【請求項16】 前記プレーナ光要素がレンズである請求項9のプレーナ光導波路。

【請求項17】 プレーナ光導波路を製造する方法において、

(a) 第1の屈折率を有する基体と、前記第1の屈折率とは異なる第2の屈折率を有する少なくとも1つの光伝導性材料領域と結合することによってプレーナ構造を形成し、

(b) リソグラフ技法を用いて前記プレーナ構造の少なくとも1つの部分から材料を除去して予め選択された光回路およびその上における少なくとも1つの空洞を形成し、

(c) 材料を除去した少なくとも1つの領域上で付加的な材料の領域を前記プレーナ構造に結合し、この場合、前記付加的な材料の領域が前記少なくとも1つの空洞を充填しないようにする工程よりなるプレーナ光導波路の製造方法。

【請求項18】 前記プレーナ構造が前記除去工程より前に加熱されかつ延伸される請求項17の方法。

【請求項19】 前記付加的な材料の領域が化学蒸気沈積技術を用いて添着される請求項17の方法。

【請求項20】 前記付加的な材料の領域がテープ・キャスト技術を用いて添着される請求項17の方法。

【請求項21】 前記付加的な材料の領域が前記プレーナ構造に融着される温度は、前記少なくとも1つの光伝

導性材料領域が前記基体に融着される温度より実質的に低い請求項17の方法。

【請求項22】 前記付加的な材料の領域の組成が失透しない光材料よりなる請求項17の方法。

【請求項23】 前記付加的な材料の領域が低温、プラズマ・エンハンスド化学蒸気沈積技術を用いて添着される請求項17の方法。

【請求項24】 前記付加的な材料の領域の添着の前に前記少なくとも1つの空洞上にポリマー材料の層が添着され、かつ前記ポリマー材料の層が前記空洞を充填しないようになされる請求項23の方法。

【請求項25】 前記空洞に、無定形ケイ素、窒化ケイ素、またはオキシ窒化ケイ素のような屈折率が比較的高いことを特徴とする材料が充填される請求項17の方法。

【請求項26】 前記空洞の寸法は前記付加的な材料の領域による前記空洞の充填を防止するように制御される請求項17の方法。

【請求項27】 前記結合工程時に前記付加的な材料の領域による前記空洞の充填を防止するために前記少なくとも1つの光伝導性材料領域より深く前記空洞がエッチングされる請求項26の方法。

【請求項28】 前記光伝導性材料領域がシリカまたはドーパされたシリカ材料よりなる請求項17の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は特定の部品を含んだプレーナ光導波路、またはプレーナ光素子に関する。

【0002】この明細書で用いられているプレーナ光素子という用語は、レンズ、回折格子、およびマイクロプリズムを含んで、プレーナ光導波路の光通路に形成される任意の集積光素子を意味するものとして定義される。

【0003】

【従来の技術】プレーナ集積光装置にプレーナ光素子を作成するための幾つかの技法が知られている。これらの方法は測地部品（例えば米国特許4712856号参照）、フレネル・レンズ（例えば、Suhara et al. "Graded-Index Fresnel Lenses for Integrated Optics", Applied Optics, vol. 21, no. 11, pp. 1966-71, June 1, 1982 参照）、ルネベルグ・レンズ（例えば、Columbini, "Design of Thin-film Luneberg-type Lenses for Maximum Focal Length Control", Applied Optics, vol. 20, no. 20, pp. 3589-93, October 5, 1981 参照）、および回折格子レンズ（例えば、Hatakoshi et al., "Waveguide Grating Lenses for Optical Couplers", applied Optics, vol. 23, no. 11, pp. 1749-53, June 1, 1984 参照）を含む。プレーナ光導波路およびその構成要素がポリマーを用いて作成される他の技法も開発されている（例えばヨーロッパ特許公報第0446672号参照）。さらに他の技法は高屈折率プレーナ導波

路に埋設された低屈折率レンズ材料を用いることを含む（例えば、Minot et al., "A New Guided-Wave Lens Structure", Journal of Lightwave Technology, vo. 8, no. 12, pages 1856-65, December, 1990）。

【0004】測地レンズはプレーナ光導波路の頂部における表面くぼみを特徴とする。測地レンズにおける1つの問題は、この表面くぼみの作成時に厳密な制御を必要とすることである。作成時におけるこの厳密な制御は遷移点における散乱損失を最小値におさえるために必要とされる。また、測地レンズはその上に付加的な材料の層が沈積される必要がある場合には適当でないことがある。

【0005】ルネベルグ・レンズは測地レンズの小分類であって、プレーナ光導波路基体より高い屈折率を有するレンズ材料を用いることを必要とする。これは、プレーナ光導波路基体の屈折率によっては、特にプレーナ光導波路基体の屈折率が比較的高い場合には、困難であることがある。また、ルネベルグ・レンズは沈積厚み分布の小さな変化に対して極端に敏感である。

【0006】フレネル・レンズはバルク・オプティクス（bulk optics）におけるゾーン・プレート（zone plates）に類似しており、所望の集束効果を得るために移相（phase shifting）および／または吸収に依存している。この移相は、プレーナ光導波路に適用される一連の半周期ゾーンを通じて得られる。フレネル・レンズは許容できない程度の波長感応度を呈示し、かつオーバークラッド問題も解決されていない。また、フレネル・レンズは、回折格子レンズと同様に、軸外し性能（off-axis performance）が劣悪であり、かつ色収差が大きい。フレネル・レンズの半周期ゾーンの作成は制御が困難である。プレーナ光導波路においてフレネル・レンズを使用することに関してのさらに詳細な論述については、Ashley et al., "Fresnel Lens in a Thin-film Waveguide", Applied Physics Letters, vol. 33, pages 490-92, September 15, 1978を参照されたい。

【0007】上記ヨーロッパ特許公報第0446672号はエポキシ・ポリマー材料からプレーナ光導波路を作成することに関するものである。上記ヨーロッパ特許公報におけるプレーナ光導波路は、ポリマーが分解しはじめる温度である約230℃以上では光損失が急激に増加した。上記ヨーロッパ特許公報において調査された唯一のプレーナ構造はプレーナ導波路と「シャープ・コーナー」（"sharp-corner"）導波路バンドの相互接続であった。上記ヨーロッパ特許公報におけるポリマーをベースとした導波路はまったくオーバークラッドを設けられていなかった。このため、プレーナ導波路全体にわたるクラッドとして空気を生じた。これは、通信に用いられる種類の単一モードおよび多モードのファイバに適合し得ない屈折率差の非常に大きい構造を生ずることになるであろう。

【0008】上記Minot et al.の論文はプレーナ導波路の屈折率より低い屈折率を有するレンズ材料を使用することに関する。そのプレーナ導波路は高屈折率III-V化合物から作成された。レンズ導波要素としてコーニング7059ガラスを用いることによって、上記Minot et al.の論文のものではレンズ領域と主体導波路との間に比較的大きい屈折率差を得ることができた。これにより、従来可能であったものよりも良好な軸外れ性能、より小さい色収差、およびより高い偏波依存性を有するレンズが得られた。しかし、上記Minot et al.の論文のものは、III-V化合物（例えばGaAs）に適用できるにすぎず、コーニング7059ガラスとシリカまたはドーパされたシリカ材料との間の屈折率差がコーニング7059ガラスと高屈折率III-V化合物との間の屈折率差より実質的に小さいから、通信の分野で広く用いられているもののようなSiO₂またはドーパしたSiO₂をベースにしたプレーナ導波路では同様の結果は得られないであろう。また、上記Minot et al.の論文はオーバークラッド層を設けることを開示していない。これがため、プレーナ光導波路の全体の光通路にわたって屈折率差の非常に大きい構造をなすであろうし、また大きい光損失およびモード・フィールド直径の不整合（ミスマッチ）のために、通信で用いられている種類の単一モードや多モードのファイバには適合し得ないであろう。さらに、オーバークラッド層が存在していなければ、プレーナ光導波路に隣接した媒体に変化を生じ、コア層内での光の伝播に影響を及ぼすとともに、コア層を機械的破損の危険にさらすことになるであろう。

【0009】プレーナ光導波路におけるプレーナ光要素を作成するための他の技法も開発されている。

【0010】米国特許第4547262号はLiTaO₃の基体上にプレーナ光導波路を作成する方法を開示している。その方法は予め定められた光学的幾何学形状を得るためにイオン交換技術によって基体材料の屈折率を選択的に修正している。しかし、この米国特許はオーバークラッド層を用いることについては開示していない。従って、この方法によって作成されたプレーナ光導波路は全体の光通路にわたって屈折率差の非常に大きい構造を有し、通信で使用する種類の単一モードや多モードのファイバには適合し得ないであろう。

【0011】米国特許第4141621号はNb₂O₅で作成されるプレーナ光導波路を製造する方法を開示している。TiO₂の層が2つのNb₂O₅層の間に配置される。TiO₂層は上部のNb₂O₅層をより正確にエッチングできるようにするためのエッチ・ストップ（etch stop）の機能を果たす。上部のNb₂O₅層をエッチングすることによって、エッチングされる領域の実効屈折率が修正される。この米国特許はこの方法における問題点、すなわちTiO₂層を付加したことの影響を開示して、第3欄33～38行目で「ストップ・エッチ目的のためにTiO₂層を導入す

ることによって導波路損失の増加を生ずるとともに、他の伝播特性の幾つかにも影響を及ぼすことになる。従って、TiO₂はできるだけ薄く保たなければならない、しかも効果的なストップ・エッチ特性を与えるものでなければならぬ」と記述している。

【0012】米国特許第4755014号は、屈折率の異なる2つの表面層が基体上に連続して配置されたプレーナ光導波路構造を開示している。それによってそれら2つの表面層の間に屈折率境界面が設けられる。この屈折率境界面は、その形状、寸法、あるいは屈折率の差に応じて、レンズ、プリズム、あるいはプレーナ・チャンネル間光導波路境界面として機能し得る。しかし、この米国特許はオーバークラッド層については開示していない。従って、この方法によって作成されたプレーナ光導波路は全光通路にわたって屈折率差の非常に大きい構造を有するものであり、かつ通信で使用されるタイプの単一モードおよび多モードのファイバには適合し得ないであろう。

【0013】さらに他の方法はSiO₂クラッド層を有するSi₃N₄誘導層よりなるプレーナ導波路に形成されたプレーナ光要素を含む。この方法は下記の一連の論文および特許に記載されている。Mottier et al., "Integrated Fresnel Lens on Thermally Oxidized Silicon Substrate", Applied Optics, vol. 20, no. 9, pages 1630-1634, May 1, 1981; Valette et al., "Integrated-optical Circuits Achieved by Planar Technology on Silicon Substrates: Application to the Optical Spectrum Analyser", IEE Proceedings, vol. 131, pt. H, no. 5, pages 325-331, October, 1984; Lizet et al. 米国特許第4,740,951号; Gidon et al. 米国特許第4,786,133号; およびGidon et al. 米国特許第4,865,453号。

【0014】上記Mottier et al.の論文はフレネル・レンズを有するプレーナ光導波路を開示している。そのフレネル・レンズは化学的にエッチングされて、そのレンズの領域におけるプレーナ導波路の実効屈折率に変化を生ずるためのSiO₂「オーバーレイヤー」("overlay")となされる。このMottier et al.の論文には空洞は開示も暗示もなされておらず、またエッチングされたレンズの頂部にオーバークラッド層を設けることについての開示も暗示もない。

【0015】上記Valette et al.の論文はケイ素をベースとしたプレーナ光導波路内に設計された種々の光要素を開示している。そのプレーナ光導波路構造は（1）ケイ素基体、（2）このケイ素基体を熱酸化することによって得られた厚さ1～4μmのシリカ層、（3）窒化ケイ素の薄い層、および（4）シリカ・オーバーレイヤーよりなる。SiO₂オーバーレイヤーを局部的にエッチングすることによって屈折率差が得られる。上記Valette et al.の論文の327、328頁を参照されたい。上記Valette et al.の論文はエッチングされた光要素上に適用されたオー

10

20

30

40

50

バークラッドについては開示していないし、また光要素の一部分としての空洞も開示していない。

【0016】上記米国特許第4,740,951号はマルチプレクサまたはデマルチプレクサとして機能し得るプレーナ光導波路を開示している。この導波路の基本的な構造は上記Valette et al.の論文に記載されているものと類似している。組合せによって導波路の所望の機能を発揮する幾つかの光要素が存在している。回折格子が入力光ビームを分離して、所定の波長を搬送するディスクリートなビームにする作用をする。これらの格子は導波路の頂部のシリカ層だけをエッチングすることによって、あるいはその頂部のシリカ層をエッチングしかつ窒化ケイ素層を部分的にエッチングすることによって得られる。これらの格子にはオーバークラッドを設け得るが、オーバークラッド層が適用される場合には、格子の領域には空洞は残されない。光をこれらの格子上にまたは出力マイクロガイドに対して反射的に集束させる幾つかのミラーも存在している。これらのミラーは導波路構造の頂部の3つの層を通じてエッチングすることによって得られる。上記米国特許第4,740,951号はミラー要素にオーバークラッドを設けることについては開示も暗示もしていない。

【0017】上記米国特許第4,786,133号はマルチプレクサまたはデマルチプレクサとして機能し得るプレーナ光導波路を開示している。この導波路の基本的な構造は上記Valette et al.の論文に記載されているものと類似している。この装置の主要な光要素は回折格子である。この格子は導波路構造の頂部における3つの層を通じてエッチングすることによって得られる。この格子は2つの焦点がそれぞれプレーナ光導波路の入力および出力部分に合致した切子面を有している。この格子の機能面にはその反射特性を高めるために金属層が被覆されている。上記米国特許第4,786,133号はこの格子にオーバークラッドを設けることについては開示も暗示もしていない。

【0018】上記米国特許第4,865,453号は変位トランスデューサとして機能するプレーナ光導波路を開示している。このプレーナ光導波路の基本的な構造は上記Valette et al.の論文に記載されたものと類似している。光素子のうちの幾つかは上記Valette et al.の論文に記載されているように頂部のシリカ層を局部的にエッチングすることによって得られる。2つのミラー要素が導波路の3つの頂部層を局部エッチングすることによって得られる。上記米国特許第4,865,453号はそのミラー要素にオーバークラッドを設けることについては開示も暗示もしていない。

【0019】

【本発明が解決しようとする課題】本発明の1つの目的は、通信分野の必要性に適合したプレーナ光導波路であって、空洞に隣接した少なくとも1つの光学的に機能す

る境界面を具備した少なくとも1つのプレーナ光要素を埋設されており、プレーナ光導波路の空洞とそれに隣接したコア領域の屈折率の間に実質的な差が存在しているプレーナ光導波路を提供することである。

【0020】本発明の他の目的は、空洞に隣接した少なくとも1つの光学的に機能する境界面を具備した少なくとも1つのプレーナ光要素を埋設されており、 $M \times N$ カプラの機能を与えるプレーナ光導波路を提供することである。

【0021】本発明の他の目的は、空洞に隣接した少なくとも1つの光学的に機能する境界面を具備した少なくとも1つのプレーナ光要素を埋設されており、このプレーナ光要素がオーバークラッド層によって機械的および光学的に保護されているプレーナ光導波路を提供することである。

【0022】本発明の他の目的は本発明の主題であるプレーナ光導波路を作成する方法を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は空洞に隣接した境界面を具備したプレーナ光要素を含んだプレーナ光導波路に関する。その空洞は脱気されていても空気を含んでいてもよく、あるいはその空洞とそれに隣接したコアガラスの領域の屈折率の間に実質的な差が存在するようにして他の物質を含んでいてもよい。本発明の主題であるプレーナ光導波路は従来の単一モードまたは多モードの導波路ファイバに付着されかつそれとともに動作するように設計され得る。

【0024】本発明の1つの態様によれば、プレーナ光導波路に、空洞に隣接した少なくとも1つの光学的に機能する境界面を具備した少なくとも1つのプレーナ光要素が設けられ、その空洞は空気を含んでいるかあるいは脱気されている。これによって、空洞の屈折率が約1.0となる。例えば、レンズでは、この屈折率の差によって、プレーナ光導波路に比較的短い焦点距離を有し、プレーナ光導波路のコアガラスの領域の屈折率が比較的高くなる設計が可能となる。この場合には、空洞は集束レンズとして機能するような凹状となされる。

【0025】本発明の他の態様によれば、プレーナ光導波路に、プレーナ光導波路に、空洞に隣接した少なくとも1つの光学的に機能する境界面を具備した少なくとも1つのプレーナ光要素が設けられ、その空洞はドープされたシリカガラスまたはアモルファスのケイ素、窒化ケイ素またはオキシ窒化ケイ素のような他の物質を含んでいる。これにより、その充填された空洞の屈折率は約1.5より大きくなる。例えば、レンズでは、この屈折率の差により、プレーナ光導波路に比較的短い焦点距離を有し、例えば、このプレーナ光導波路のコアガラスの領域がドープされていないシリカで作成されている場合に、そのコアガラスの領域の屈折率が比較的低くなる設計が可能となる。この場合、上記空洞は、集束レンズとして

機能するように凸状となされる。

【0026】

【実施例】本発明の主題であるプレーナ導波路が図1に示されており、基体領域1、コアガラスの領域2、コアガラスの領域2'、境界面3、境界面3'、それらの境界面3および3'の間の空洞4、およびオーバークラッド層5を具備している。境界面3、空洞4および境界面3'はプレーナ光要素を構成している。

【0027】本発明の主題であるプレーナ導波路は1990年12月10日に出願された米国特許出願第625,153号に記載されているのと同様の方法によって作成される。

【0028】基体領域1の前身はシリカよりなる本質的にプレーナ状の基体材料であり、最終的なプレーナ光導波路の寸法よりも実質的に大きい寸法を有している。例えばゲルマニアのような適当な屈折率修正ドーパント物質をトープされたシリカスートよりなるコアガラスの層が基体1に添着されて複合構造を形成する。

【0029】この複合構造はコラスートの層をコンソリデートさせてそれを基体材料に融着させるのに十分な温度に加熱される。このようにして得られた熔融ガラス構造が軟化点まで加熱され、そして延伸されて予め選択された最終寸法のプレーナ光ケーンを作成する。このプレーナ光ケーンの断面寸法は最終的なプレーナ光導波路の断面寸法と実質的に同一である。

【0030】コアガラスの領域2およびコアガラスの領域2'ならびに空洞4内の1つまたはそれ以上のプレーナ光導波路通路がリソグラフ処理によってプレーナ光ケーン内でエッチングされる。シリカのオーバークラッド層5がスートの形で添着され、そしてそのスートをコンソリデートさせかつプレーナ光導波路に融着させるのに十分な温度に加熱される。空洞4の寸法は、その空洞がオーバークラッド層5によって充填されないように選定される。

【0031】空洞4が空気で充填されているかあるいは脱気された場合には、その空洞は約1.0の屈折率を有しているが、コアガラスの領域2および2'の屈折率は約1.5であり、これはドーパされたSiO₂ガラスの屈折率である。屈折率にこのような実質的な差がある場合には、実質的な光学的利益が得られる。例えば、境界面3がレンズ要素である場合には、その境界面を通過する光の屈折は屈折率の差の増大に伴って増大する。従って、屈折率の差が大きければ大きいほど、レンズ要素の実効焦点距離はそれだけ短くなる。これによって、所定のサイズのプレーナ光導波路に含まれ得るプレーナ光要素の数が多くなるから、複雑なプレーナ光導波路のコンパクトな設計が可能となる。また、屈折率差が大きければ、レンズ要素の曲率半径がそれだけ小さくなる。これによって、潜在的により大きい開口数または入射角が可能となる。曲率半径が小さければ、レンズ要素によって生ずる球面収差が一般に減少する。屈折率の実質的な差は約0.

04より大きく、好ましい範囲は約0.04~2.0である。

【0032】図2は図1に示されたプレーナ光導波路の上面図であるが、オーバークラッド層は示されていない。図2に示された装置は本発明に従って作成された1×2カプラである。光導波路ファイバ16からの光はコア領域12に入る。境界面13の焦点またはその近くにコア15を配置された光導波路からの光の実質的にすべてが図2に破線で示されているように境界面13に当る。

【0033】コア層領域12''はプレーナ光導波路の非機能領域である。コア領域がエッチングされて基体領域を露呈させた2つのチャンネル11'はオーバークラッド層を充填されていてもいなくてもよい。1×2カプラのこの実施例では、これらのチャンネルはオーバークラッド層で充填される必要はない。なぜなら、境界面13は、コアガラス12とチャンネル11'の間では入力光ファイバ16からの光が実質的にまったく境界面のいずれにも当たらないようにして、入力光ファイバからの光の実質的にすべてが境界面13に当るように設計されているからである。同様に、境界面13'は、この境界面13'を通過する光の実質的にすべてが光ファイバ16'に直接結合され、境界面13'を通過したが実質的にまったくコアガラスの領域12'とチャンネル11'の間では境界面のいずれにも当たらないように設計されている。

【0034】本発明に従って作成されたプレーナ光導波路における短い焦点距離の利益は大きい。図3は本発明に従って作成された3×3カプラを示している。3本の入力光導波路ファイバ（図示せず）からの光は左側エッジから、チャンネル29a~29cをエッチングすることによってコア領域に形成された本質的に四角形の導波路である入力マイクロガイド20a~20c内へとカプラに入る。各入力マイクロガイド20a~20cからの光は境界面22のレンズレットのそれぞれによって空洞23を横切って屈折される。境界面22'が光のすべてを屈折させ、コアガラスの領域24内にチャンネル28をエッチングすることによって形成されたビーム・ミクサー25内に集束させる。

【0035】ビーム・ミクサー25は境界面26に当る光の良好な分布を与えるように機能する。境界面26は空洞27を横切って境界面26に当る光をコリメートさせる。境界面26'のレンズレットが境界面26'に当たった光を、チャンネル29a'~29d'をエッチングすることによってコアガラスの領域21'に形成された出力マイクロガイド20a'~20c'内に集束させる。

【0036】基本的な光波伝播理論に従った入力マイクロガイド20a~20c、出力マイクロガイド20a'~20c'およびビーム・ミクサー25を通る導波路伝播のために必要とされる屈折率差を生ずるためにオーバ

ークラッド層が添着されたときに、チャンネル28、29a~29d、および29a'~29d'が充填される。

【0037】図3に示された3×3カプラはまた双方向性であるように設計されている。入力光は上述のように左側のエッジから入射してもよく、あるいは右側のエッジから入射してもよい。ビーム・ミクサー25を中心として対称的なデザインとなされているがために、左側または右側のエッジのどちらが使用されても、結合作用は同様である。

【0038】また、図4Aに示されているように90°の分岐を有する1×4カプラのような複合光サブシステムを形成するために、相当数のプレーナ光要素を結合して単一のプレーナ光導波路となしうる。光ファイバからの光は、矢印で示された位置において右側からプレーナ光導波路のコア領域32に入る。境界面33、33'、および33''はそれぞれ、プレーナ光導波路に最初に入った全体の光パワーの約四分の一を再方向づける。コア層領域32''はプレーナ光導波路のコア層の非機能部分である。コア層がエッチングされて基体領域を露呈させているチャンネル31'は、基本的な光波伝播理論に従ったコア領域32を通る導波路伝播のために必要とされる屈折率差を生ずるためにオーバークラッド層を充填されるように設計されている。

【0039】境界面33のまわりの領域は図4Bでは詳細を示すために拡大されている。境界面33は45°の角度をつけられており、かつプレーナ光導波路に最初に入射した全体の光パワーの四分の一を偏向させるのに十分な距離だけコア領域32内に入り込んでいる。空洞34は空気または真空を充填されており、この空洞34の屈折率は1.0である。境界面33に入射する光の入射角は臨界角より小さいであろうから、境界面33に入射する光の部分に対して全内反射(TIR)が生ずるであろう。これによって、境界面33に入射した光がコア領域32'内に偏向されるであろう。境界面33'および33''において同様の偏向が生ずるであろう。

【0040】図4Bにおいて空洞34とチャンネル36および37との間に配置されたギャップ35は長さが5~20μmのオーダーである。これらのギャップ35の長さが比較的短いから、コア領域32または32'における光は本質的に全くギャップ35を通してコア層領域32a''内に伝播することはない。

【0041】本発明の他の実施例は図5に示されているように1×2スプリッターである。この場合、矢印で示された入力光は2つの出力チャンネルに分割される。境界面43および空洞44よりなるプレーナ光要素は入力を半分分割しそしてその入力の方の半分を90°の角度で方向変換させる。境界面43'および空洞44'よりなるプレーナ光要素は上記入力の同じ部分を90°の角度で方向変換させて、両方の出力チャンネルがプレーナ

光導波路の同じエッジ上に物理的に配置されるようにする。基本的な光波伝播理論に従ったコア領域42を通る導波路伝播のために必要とされる屈折率差を生じさせるためにオーバークラッド層が添着された場合にチャンネル41'が充填される。境界面43および43'における光反射の物理学は図4Aおよび4Bの装置に関して上述した90°分岐を有する1×4スプリッターのそれと同様である。

【0042】コア領域42の入力におけるレンズ境界面45は入力光導波路ファイバ(図示せず)からコア領域42内に入った光を集束させる作用をする。コア領域42の出力におけるレンズ境界面45'および45''はコア領域42から出た光を出力光導波路ファイバ(図示せず)内に集束させる作用をする。

【0043】図6は境界面53と空洞54よりなる第1のプレーナ光素子が入来信号を2つの部分に分け、かつ境界面53'と空洞54'および境界面53''と空洞54''よりなるプレーナ光素子がそれぞれ前記第1のプレーナ光素子からの信号の2つの部分をさらに2つの部分に分ける。境界面58、58'、60、60'、62、62'と空洞59、59'、61、61'、63、63'よりなるプレーナ光素子がそれぞれこれらの境界面に入射した光を再方向づけして、4つの出力チャンネルが物理的にプレーナ光導波路の同じ側に位置づけられるようにする。これらの境界面における光反射の物理学は、前記2つの実施例のそれと同様である。基本的な光波伝播理論に従ったコア領域52を通る導波路伝播のために必要とされる屈折率差を生ずるためにオーバークラッド層が添着された場合にチャンネル51'が充填される。

【0044】本発明のさらに他の実施例では、図7Aに示されているように、1つのプレーナ光要素が境界面73および73'と空洞74で構成されている。図7のプレーナ光導波路は1×4カプラを示している。図7Aに示されているようにエッチングした後で、空洞74には図7Bに示されているようにドープされたシリカガラス75が充填される。そのシリカガラス75の組成は、その屈折率がコアガラスの領域72および72'のそれより高くなるように選択されている。光が左側のエッジ(図示せず)に配置された1つの光導波路からプレーナ光導波路に入る。その光は境界面73によってコリメートされる。境界面73'の形状は、プレーナ光導波路を通る光のガウス・パワー分布を生じて、コリメートされた入力光が4つの等しい部分に分割され、そして4つの出力光導波路が配置されている(図示せず)右側のエッジの近傍の4つの点で集束されるように選択される。基本的な光波伝播理論に従ったコア領域72および72'を通る導波路伝播のために必要とされる屈折率差を生ずるためにオーバークラッド層が添着されるときにチャンネル71'が充填される。その屈折率差は約0.04より大き

く、好ましい範囲は0.04~2.0である。

【0045】本発明の主題であるプレーナ光導波路を作成する方法について、図6A~6C、7Aおよび7Bに示されたプレーナ光導波路に関してさらに詳細に説明しよう。この方法は、1990年12月10日に出願された米国特許出願第625,153号に記載されているものと類似している。しかし、本発明のプレーナ光導波路はその方法に従って作成される必要はない。

【0046】図6aはプレーナ導波路プリフォームの1つの実施例の側面図である。この実施例を作成するために用いられる方法について説明する。

【0047】基体51は熔融シリカまたは他の適当な材料で作成されており、最終のプレーナ光導波路の所望の寸法より実質的に大きい本質的に平面状の寸法を有している。この実施例では、基体51の寸法は長さ35cm、幅5cm、厚さ1.2cmである。基体51には処理時に用いるためのハンドルが装着されているが、それは図示されていない。

【0048】技術的に公知の従来のスート沈積技術を用いて基体51の上面にコア層52が添着される。コア層52の厚さは約100 μ mである。このコア層52はSiO₂と8重量%GeO₂よりなる。従来のスート沈積技術を用いてコア層52上にオーバークラッド層55が添着される。オーバークラッド層55は厚さば約100 μ mであり、SiO₂よりなる。

【0049】このようにして得られたプレーナ光プリフォームは、コア層52とオーバークラッド層55を基体52に融着させてプレーナ光母材を形成するために、約1450℃で約20分のあいだ加熱される。このようにして得られたプレーナ光母材が約2100℃の軟化点まで加熱され、そして延伸されて幅約0.4cm、厚さ0.00cmの断面寸法を有するプレーナ光ケーンを作成する。

【0050】このプレーナ光ケーンが長い長さで処理され、所定の長さで幾つかの光導波路が作成されうようになされる。その処理の最後で個々のプレーナ光導波路が切り離されう。あるいは、プレーナ光ケーンが実質的に最終のプレーナ光導波路の所望の長さである長さに切断され、そして個々に処理されてもよい。この処理についてのこの後の説明では、プレーナ光ケーンが実質的に最終光導波路の所望の長さである長さに切断され、そして個々に処理されるものと仮定する。

【0051】図6Bはリソグラフ処理時におけるこのようにして得られたプレーナ光導波路素材の一部分の側面図を示している。脱イオン水、アセトンおよび1~2%HFの溶液で反復洗浄した後で、高周波スパッタリング技術を用いてプレーナ光導波路母材にクロム被覆56が添着される。つぎに、約300rpmでのスピン被覆処理によってそのクロム層56上に有機フォトレジスト被覆57が添着される。この被覆されたプレーナ光母材が炉内で約1100℃において約20分のあいだ焼成される。

【0052】従来の技術を用いて、予め選択された光回路パターンを有する光回路マスクが作成される。被覆されたプレーナ光母材が光回路マスクに合せられ、そして有機フォトレジスト被覆56が紫外線光に露光され、それによって上記予め選択された光回路パターンを上記有機フォトレジスト被覆56に転写させる。市販のフォトレジスト現像剤を用いてこのパターンが現像される。その後で、露光された有機フォトレジスト被覆が脱イオン水中での水洗い（リンス）によって除去される。

【0053】露光された有機フォトレジスト被覆を除去したことによって露呈されたクロム被覆が市販のクロム・エッチ液を用いて除去される。その後で、プレーナ光導波路母材をアセトンで洗いかつ脱イオン水中でのリンスによって除去される。その結果、プレーナ光導波路母材は前記予め選択された光回路のパターンのクロム被覆を有することになる。

【0054】プレーナ光導波路母材の保護されていないガラス部分がリアクティブイオン技術（reactive ion technique）を用いてエッチングされる。その後で、市販のクロムエッチング液を用いて残留クロム被覆が除去される。プレーナ光導波路母材は脱イオン水、市販のガラスクリーナおよび1~2%HFよりなる溶液で洗われ、脱イオン水でリンスされ、そして乾燥される。

【0055】このようにして得られたプレーナ光導波路母材が図6Cに示されている。図6Cに示されたプレーナ光導波路を作成する方法では、チャンネル51'の寸法は幅が約30 μ mとなるように設計される。三角形の空洞53、53'は、単一モードの用途では幅が約6~8 μ mであるコア領域52の幅に等価な斜辺を有するように設計される。多モードの用途の場合には、三角形の空洞の代りに狭いチャンネルのV字形溝が用いられる。空洞59、59'、61、61'、63および63'は幅が約3 μ mとなるように設計される。これらの寸法は前述したプレーナ光導波路のリソグラフ処理時に決定される。

【0056】技術的に公知のスート沈積技術を用いてオーバークラッド層（図6Cには示されていない）が添着される。スート・オーバークラッド層をプレーナ光導波路に融着させるために露呈される温度は1450℃~1500℃の範囲である。そのスートはSiO₂または例えばGeO₂、B₂O₃、あるいはP₂O₅のような材料を低濃度レベル（<2重量%）でドーブされたSiO₂よりなる。この温度および組成とは、チャンネルと対比した空洞の相対的な幅および形状とあいまって、下記の結果を有する。すなわち、オーバークラッド層が添着されるとチャンネルが充填されるが、空洞は充填されない。この現象は毛細管作用に類似していると考えられる。スート沈積時には、空洞内にはほとんど循環は存在しないので、スート粒子は空洞から流れ出て空洞を充填しない傾向がある。また、オーバークラッド層はその組成と熔融温度のために融着工程時にたわむことはない。また、空洞の底に堆積するスー

トがコア領域を覆おうことがないように、すなわちプレーナ光導波路のコアガラスの領域にいぜんとして空洞が存在するように、空洞の深さはプレーナ光導波路のコア領域よりも意図的に深くエッチングされる。

【0057】オーバークラッド層を添着させるためには他の技術を用いてもよい。最も簡単な技術はプレーナ光導波路の表面に適当な屈折率を有する光学物質の薄い層を堅固に付着させることを含む。

【0058】オーバークラッド層を添着させる他の方法はテープ・キャスト技術(tape casting technique)によるものである。所要の屈折率を有する光学物質の粒子を含んだスラリーが作成される。このスラリーは薄いフィルム・シートとなされる。これらの薄いフィルム・シートはプレーナ光導波路上に配置され、そしてこのプレーナ光導波路に融着するために加熱される。この方法で用いられる光学物質は加熱および融着工程の結果として失透しない。

【0059】オーバークラッド層を添着させるために使用できる他の方法はシランと窒素化合物を用いるプラズマ・エンハンスト化学蒸気沈積(plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD))である。PECVDは従来の化学蒸気沈積(CVD)技術よりもはるかに低い温度で生ずる。この場合にも、空洞の深さは、コアガラスの光学的に機能する領域に空洞を残しながら、空洞を部分的に充填させることを許容するように設計され得る。また、PECVDは温度が低いから、PECVD工程の前に空洞にポリマー材料の層を添着することができる。ポリマー材料の層の屈折率はオーバークラッド層の屈折率と同じになるであろう。ポリマー層は空洞を効果的にシールするので、PECVD工程時には空洞の充填は生じない。

【0060】オーバークラッド層は2つの工程で添着され得る。第1の工程では、例えば、チャンネルではなくて空洞をマスクすることによって、空洞のオーバークラディングまたは充填を伴わずに、プレーナ光導波路のチャンネルを充填するオーバークラッド層が添着されるであろう。第2の工程では、空洞は前述のようにオーバークラッドを設けられるが充填はなされない。

【0061】図7Aおよび7Bに示された形式のプレーナ光導波路では、処理において他の工程が行なわれる。プレーナ光導波路のリソグラフ処理が行なわれた後であって、オーバークラッド層が添着される前に、適当な高屈折率材料が、それによって空洞が充填されるようにして、適用される。その高屈折率材料はドーパされたシリカガラスあるいは窒化ケイ素またはオキシ窒化ケイ素のような他の材料でありうる。この高屈折率材料は従来のスト沈積技術または上述した他の方法によって適用される。高屈折率材料をプレーナ光導波路に融着させるためにプレーナ光導波路が加熱される。最後に、オーバークラッド層が添着され、そしてプレーナ光導波路に融着

される。

【0062】空洞は、高屈折率材料を充填されることを意図されている場合には、オーバークラッド層が空洞に充填するようには意図されていない場合よりも一般に大きい。さらに、空洞は充填されない空洞の場合よりも深くなくエッチングされ、添着された高屈折率材料がコアガラスの領域の光学的に機能するレベルまで空洞を充填するのがより容易となるようになしうる。

【0063】カプラおよびスプリッターの場合には、プレーナ光要素の幾何学形状寸法は結合比または分割比を修正するように変更されうる。例えば、図5に示された1×2スプリッターでは、境界面43がコアガラスの領域42を横切って延長する距離が2つの出力のそれぞれに分割される光の量を決定するであろう。同様に、図7Bに示された1×4カプラでは、境界面73'の個々のレンズ表面の長さが4つの出力チャンネルのそれぞれに結合される光の量を決定するであろう。

【0064】プレーナ光導波路で作成された装置の性能は一般に過剰損失で表わされる。過剰損失は光回路の分割に基因して各光チャンネルで失われる光の量を示す。本発明に従って作成されたプレーナ光導波路は1×8カプラ・デザインの場合には2~3dBの範囲の過剰損失を有した。特定のプレーナ光導波路の損失の大きさは一部には光回路の複雑性に依存する。すなわち、特定の回路内のプレーナ光要素が多ければ多いほど、過剰損失は大きくなる。損失の大きさは、粗い境界面の表面のよう製作用上の欠陥が多くなればそれに伴って増大する。すなわち、境界面の粗度が大きくなればなるだけ、光の散乱による損失が大きくなる。これは8~10dBの程度の大きさの前述の他の方法の過剰損失に匹敵する。理論的には、本発明に従って作成されたプレーナ光導波路からの過剰損失は約0.1~0.2dB程度のように小さい。

【0065】N×Mカプラは通信の分野では特に重要である。プレーナ光導波路では近接結合およびyースプリッター・ツリー・アンド・ブランチ・デザインが作成されている。このような装置は一般に20mmから40mmの範囲のサイズである。これらの装置を作成するのに必要とされる製作裕度は極めて制限的である。例えば、単一モードの用途では、コア領域の寸法はエッチングにより作成した後では約6~8μmである。この寸法はプレーナ光導波路における過剰な伝播損失を回避するために0.5μmを中心として±まで精確である必要がある。また、yースプリッター・ツリー・アンド・ブランチおよび近接結合デザインはMおよびNがそれぞれ2^gおよび2^hに等しく、xおよびyは整数であるカプラを作成するのに最も良く適している。

【0066】本発明に従ってプレーナ光導波路に作成されたM×Nカプラはyースプリッター・ツリー・アンド・ブランチおよび近接結合デザインと比較して幾つかの利点を有している。第1に、本発明に従って作成された

匹敵するM×Nカブラの全体の寸法は2～5mmの範囲であろう。第2に、本発明のプレーナ光導波路における空洞の寸法に必要とされる製作裕度はそのプレーナ光導波路中での光の伝播に悪影響を及ぼすことなしに数ミクロン程度に高くなりうる。空洞の寸法は数ミクロン程度変化しても境界面の焦点距離または結合損失にはほとんど影響はない。第3に、本発明のプレーナ光導波路を用いれば、結合を容易に制御することができるから、例えば1×3あるいは1×6のようなM×Nカブラを容易に実施することができる。第4に、本発明に従って作成されたM×Nカブラからの理論的損失は、プレーナ光導波路内の境界面が少ないから、これに匹敵するyースプリッター・ツリー・アンド・ブランチ・デザインの場合よりも小さくなるであろう。例えば、本発明に従って作成された1×8カブラは光通路内に2つの境界面を含んでいる。空洞の境界のそれぞれに1つずつ含んである。これはyースプリッター・ツリー・アンド・ブランチ・デザインを用いて作成された1×8カブラの各光通路における3つのスプリッター境界面に匹敵する。

【0067】本明細書で説明された本発明のプレーナ光導波路およびプレーナ光導波路を作成する方法はガラス材料に関して説明されたが、他の材料を用いることもできる。例えば、光学的に機能する領域はポリマー、プラスチック、無定形ケイ素、ケイ素、および透明なガラスセラミックスのような光伝導性材料で形成しうる。同様に、基体は上述の光伝導性材料で形成されてもよいし、あるいは耐熱性材料、例えば、アルミナ、または金属材料のような非光伝導性材料で形成されてもよい。

【0068】本発明を好ましい実施例について図示かつ説明したが、これらの実施例の形式および詳細については、特許請求の範囲に定義されている本発明の精神および範囲から逸脱することなしに種々の変更をなしうることが当業者には理解されるであろう。例えば、本発明を主としてレンズやマイクロプリズムのようなプレーナ光要素に関して説明したが、本発明は格子のような他のプレーナ光要素にも適用しうる。また、本発明は従来の単一モードあるいは多モードの光導波路ファイバに対しても機能するように設計される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従って作成されたプレーナ光導波路の断面図である。

【図2】本発明に従って作成された1×2カブラを示している。

【図3】本発明に従って作成された3×3カブラを示している。

【図4A】本発明に従って作成された90°分岐マイクロプリズムを有する1×4カブラを示している。

【図4B】本発明に従って作成された90°分岐マイクロプリズムを有する1×4カブラを示している。

【図5】本発明に従って作成された1×2スプリッタを示している。

【図6A】本発明に従って作成された1×4スプリッタを示している。

【図6B】本発明に従って作成された1×4スプリッタを示している。

【図6C】本発明に従って作成された1×4スプリッタを示している。

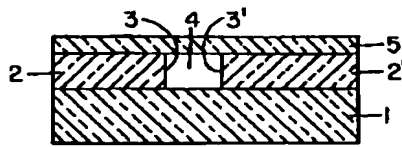
【図7A】本発明に従って作成された1×2カブラの他のデザインを示している。

【図7B】本発明に従って作成された1×2カブラの他のデザインを示している。

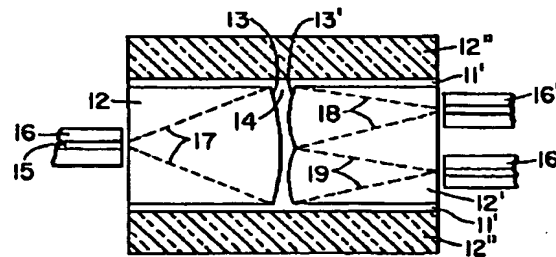
【符号の説明】

1	基体領域	
2、2'	コアガラスの領域	
3、3'	境界面	
4	空洞	
5	オーバークラッド層	
12	コア領域	
13、13'	境界面	
15	コア	
16、16'	光導波路ファイバ	
23	空洞	
22、22'	境界面	
24	コアガラスの領域	
25	ビーム・ミクサー25	
26、26'	境界面	
21'	コアガラスの領域	
32	コア領域	
33、33'	境界	
33''	境界	
34	空洞	
42	コア領域	
43、43'	境界面	
44、44'	空洞	
45、45'	レンズ境界面	
45''	レンズ境界面	
52	コア領域	
53、53'	境界面	
53''	境界面	
54、54'	空洞	
54''	空洞	
58、58'、60、60'、62、62'	境界面	
59、59'、61、61'、63、63'	空洞	
72、72'	コアガラスの領域	
73、73'	境界面	
74	空洞	
75	シリカガラス	

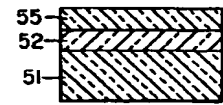
【図1】



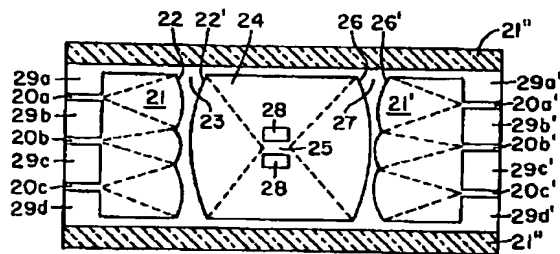
【図2】



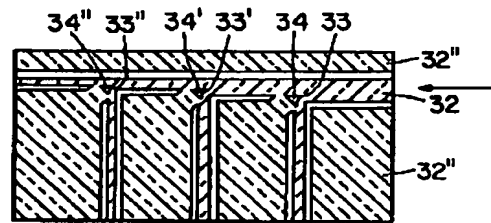
【図6 A】



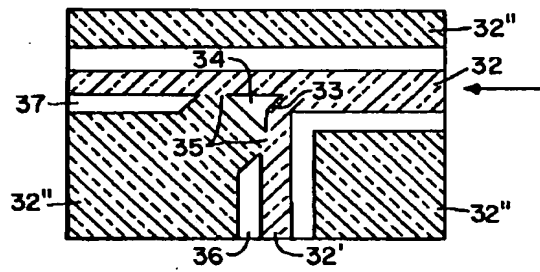
【図3】



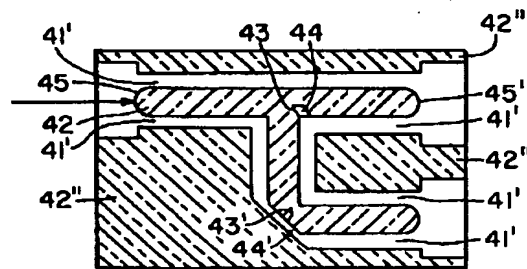
【図4 A】



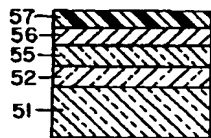
【図4 B】



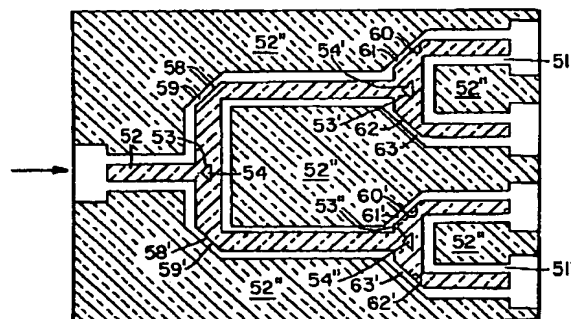
【図5】



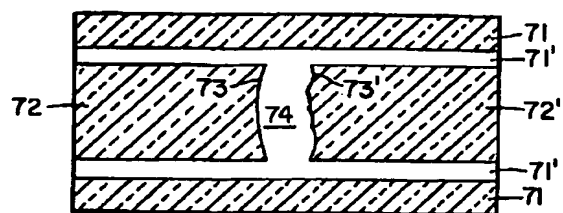
【図6 B】



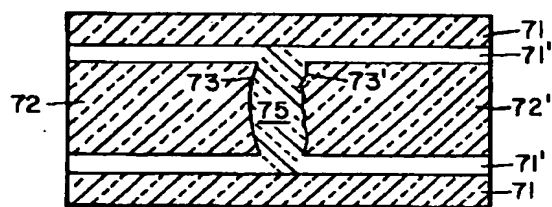
【図6 C】



【図7A】



【図7B】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-088915

(43)Date of publication of application : 29.03.1994

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 05-056316

(71)Applicant : CORNING INC

(22)Date of filing : 23.02.1993

(72)Inventor : BHAGAVATULA VENKATA A

(30)Priority

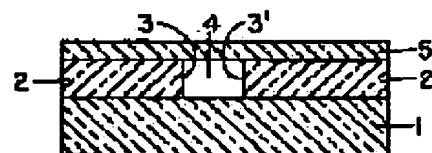
Priority number : 92 840749 Priority date : 24.02.1992 Priority country : US

(54) PLANAR OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an integrated planar optical waveguide including one or several pieces of planar optical components or elements such as a lens, a diffraction grating and a microprism for instance.

CONSTITUTION: This planar optical waveguide is provided with a base body 1, a waveguide core layer 2 and at least one planar optical element and the planar optical element is provided with at least one optically functioning boundary surface 3 adjacent to a void 4 and an over clad layer 5. Since the difference of a refractive index is practically large compared with the refractive index of the waveguide core layer for the void, an action for improving the optical performance of the planar optical element is performed. Also, a method for manufacturing such a planar optical waveguide is presented.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 23.04.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] At least one photoconductivity core-materials field which is combined with the (a) base and the (b) aforementioned base, and forms planar structure in planar optical waveguide, (c) It is formed in the field of said photoconductivity core materials, and at least one interface in this field which functions optically is provided. Said at least one interface which functions optically adjoins the cavity. Whether said cavity includes air as the refractive index of that differs from the refractive index of the field of said photoconductivity core materials substantially Or at least one planar light element by which degassing is carried out, (d) Planar optical waveguide possessing the field of the charge of an exaggerated clad plate installed on said at least one photoconductivity core-materials field and said at least one planar light element.

[Claim 2] Planar optical waveguide of claim 1 said whose at least one planar light element is a lens.

[Claim 3] Planar optical waveguide of claim 1 said whose at least one planar light element is micro prism.

[Claim 4] Planar optical waveguide of claim 1 said whose at least one planar light element is a diffraction grating.

[Claim 5] Planar optical waveguide of claim 1 M and whose N said planar optical waveguide functions as a MxN coupler, and are integers.

[Claim 6] Planar optical waveguide of claim 1 which the field of said photoconductivity core materials becomes from a silica or the doped silica glass.

[Claim 7] Planar optical waveguide of claim 1 with the larger difference of the refractive index of the field of said photoconductivity core materials, and the refractive index of said at least one planar light element than about 0.04.

[Claim 8] Planar optical waveguide of claim 7 whose difference of the refractive index of the field of said photoconductivity core materials and the refractive index of said at least one planar light element is about 0.04 to 2.0 within the limits.

[Claim 9] planar optical waveguide -- setting -- the (a) base and (b) -- at least one photoconductivity core-materials field which is combined with said base and forms planar structure, and (c) -- the planar optical waveguide to which it consists of at least one planar light element formed in said at least one photoconductivity core-materials field, and, as for the refractive index of said photoconductivity core-materials field, said planar light element is characterized by substantially different refractive index.

[Claim 10] Said planar light element possesses at least one interface in said photoconductivity core-materials field which functions optically. Said at least one interface which functions optically adjoins the cavity. or [that said cavity includes air] -- or the planar optical waveguide of claim 9 which degassing is carried out and is made as [be / the refractive index of this cavity / about 1.0], and is larger than about 1.5 as for the refractive index of said at least one photoconductivity core-materials field, or is made equally to it.

[Claim 11] Planar optical waveguide of claim 9 by which other high refractive-index ingredients like the silica glass with which said cavity was doped or silicon nitride, oxy-silicon nitride, or amorphism silicon are included, and the refractive index of said planar light element is more substantially [than about 1.5] large, and the refractive index of said at least one photoconductivity core-materials field is substantially made small from about 1.5.

[Claim 12] It is the planar optical waveguide of claim 9 M and whose N said planar optical waveguide functions as a MxN coupler, and are integers.

[Claim 13] Planar optical waveguide of claim 9 by which the difference of the refractive index of said at least one photoconductivity core-materials field and the refractive index of said at least one planar light

element is made more greatly than about 0.04.

[Claim 14] Planar optical waveguide of claim 13 by which the difference of the refractive index of said at least one photoconductivity core-materials field and the refractive index of said at least one planar light element is made about 0.04 to 2.0 within the limits.

[Claim 15] Said at least one photoconductivity core-materials field is the planar optical waveguide of claim 9 which consists of a silica or a doped silica ingredient.

[Claim 16] Planar optical waveguide of claim 9 said whose planar light element is a lens.

[Claim 17] The base which has the (a) 1st refractive index in the approach of manufacturing planar optical waveguide, Planar structure is formed by combining with at least one photoconductivity ingredient field which has the 2nd different refractive index from said 1st refractive index. (b) The optical circuit which removed the ingredient and was beforehand chosen from at least one part of said planar structure, and at least one cavity on it are formed using RISOGURAFU technique. (c) The manufacture approach of planar optical waveguide which consists of a process combine the field of an additional ingredient with said planar structure on at least one field which removed the ingredient, and it is made not full [process / the field of said additional ingredient] of said at least one cavity in this case.

[Claim 18] The approach of claim 17 that said planar structure is heated and extended before said removal process.

[Claim 19] The approach of claim 17 that the field of said additional ingredient is installed using a chemistry steamy sediment technique.

[Claim 20] The approach of claim 17 that the field of said additional ingredient is installed using a tape casting technique.

[Claim 21] The temperature by which welding of the field of said additional ingredient is carried out to said planar structure is the approach of low claim 17 more substantially than the temperature by which welding of said at least one photoconductivity ingredient field is carried out to said base.

[Claim 22] The approach of claim 17 which consists of an optical ingredient which the presentation of the field of said additional ingredient does not devitrify.

[Claim 23] The approach of claim 17 that the field of said additional ingredient is installed using low temperature and a plasma en HANSUDO chemistry steamy sediment technique.

[Claim 24] The approach of claim 23 made as [fill / the layer of a polymer ingredient is installed on said at least one cavity before installation of the field of said additional ingredient, and / with said cavity / the layer of said polymer ingredient].

[Claim 25] The approach of claim 17 that said cavity is filled up with the ingredient characterized by a refractive index like amorphism silicon, silicon nitride, or oxy-silicon nitride being comparatively high.

[Claim 26] The dimension of said cavity is the approach of claim 17 controlled to prevent restoration of said cavity by the field of said additional ingredient.

[Claim 27] The approach of claim 26 that said cavity is etched more deeply [in order to prevent restoration of said cavity by the field of said additional ingredient at the time of said joint process] than said at least one photoconductivity ingredient field.

[Claim 28] The approach of claim 17 that said photoconductivity ingredient field consists of a silica or a doped silica ingredient.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the planar optical waveguide containing specific components, or a planar light corpuscle child.

[0002] Vocabulary called the planar light corpuscle child used on these specifications is defined including a lens, a diffraction grating, and micro prism as what means the accumulation light corpuscle child of the arbitration formed in the optical channel of planar optical waveguide.

[0003]

[Description of the Prior Art] Some techniques for creating a planar light corpuscle child to planar accumulation light equipment are known. These approaches Land survey components (for example, refer to U.S. Pat. No. 4712856 number), Fresnel's lens (for example) Suhara et al. "Graded-Index Fresnel Lenses for Integrated Optics", Applied Optics, vol.21, no.11, pp.1966-71 and June 1, and 1982 Reference, Luneberg lens (for example) Columbini and "Design of Thin-film Luneberg-type Lenses for Maximum Focal Length Control", Applied Optics, vol.20, no.20, pp.3589-93 and October 5, and 1981 Reference, And a diffraction-grating lens (for example) Hatakoshi et al. and "Waveguide Grating Lenses for Optical Couplers", applied Optics, vol.23, no.11, pp.1749-53 and June 1, and 1984 Reference is included. Other techniques by which planar optical waveguide and the component of that are created using a polymer are developed (for example, the [European Patent official report] refer to 0 446 No. 672). It includes that the technique of further others uses the low refractive-index lens ingredient laid under the high refractive-index planar waveguide (for example, Minot et al., "A New Guided-Wave Lens Structure", Journal of Lightwave Technology, vo.8, no.12, pages 1856-65, December, 1990).

[0004] A land survey lens is characterized by the surface impression in the crowning of planar optical waveguide. One problem in a land survey lens is needing strict control for the creation time of this surface impression. This strict control in creation time is needed in order to press down the scattering loss in a transition point to the minimum value. Moreover, a land survey lens may not sometimes be suitable, when the sediment of the layer of an additional ingredient needs to be carried out on it.

[0005] The Luneberg lens is the minor key of a land survey lens, and it needs to use the lens ingredient which has a refractive index higher than a planar optical waveguide base. Depending on the refractive index of a planar optical waveguide base, this may sometimes be difficult, when the refractive index of a planar optical waveguide base is comparatively high especially. Moreover, the Luneberg lens is extremely sensitive to a small change of sediment thickness distribution.

[0006] Fresnel's lens is similar to the zone plate (zone plates) in bulk optics (bulk optics), and in order to acquire the desired focusing effectiveness, it depends for it on a phase shift (phase shifting) and/or absorption. This phase shift is obtained through a series of half period zones applied to planar optical waveguide. Fresnel's lens presents whenever [wavelength induction / of nonpermissible extent], and an exaggerated clad problem is not solved, either. Moreover, like a diffraction-grating lens, Fresnel's lens is carried out shaft outside, and its engine performance (off-axis performance) is inferior, and its chromatic aberration is large. Creation of the half period zone of Fresnel's lens is difficult to control. Please refer to Ashley et al., "Fresnel Lens in a Thin-film Waveguide", Applied Physics Letters, vol.33, pages 490-92, September 15, and 1978 about the still more detailed statement about using Fresnel's lens in planar optical waveguide.

[0007] the above-mentioned European Patent official report 0th -- it is related with 446 672 No. creating planar optical waveguide from an epoxy polymer ingredient. Above about 230 degrees C which is the temperature which a polymer begins to decompose, optical loss increased rapidly the planar optical

waveguide in the above-mentioned European Patent official report. The only planar structure investigated in the above-mentioned European Patent official report was interconnect of planar waveguide and the "Sharp corner" ("sharp-corner") waveguide bend. The exaggerated clad was not prepared in the waveguide which used the polymer in the above-mentioned European Patent official report as the base at all. For this reason, air was produced as a clad covering the whole planar waveguide. This will produce the very large structure of the refractive-index difference which cannot suit the fiber in the single mode of a class and the many modes which are used for a communication link.

[0008] It is related with the paper of above-mentioned Minot et al. using the lens ingredient which has a refractive index lower than the refractive index of planar waveguide. The planar waveguide was created from the high refractive-index III-V compound. By using Corning 7059 glass as a lens guided wave element, the comparatively large refractive-index difference was able to be acquired between a lens field and subject waveguide by the thing of the paper of above-mentioned Minot et al. The axial blank engine performance better than the thing possible thereby conventionally, smaller chromatic aberration, and the lens that has a higher polarization dependency were obtained. However, the thing of the paper of above-mentioned Minot et al. Do not pass for it to be applicable to an III-V compound (for example, GaAs), but since the refractive-index difference between Corning 7059 glass, a silica, or the doped silica ingredient is substantially smaller than the refractive-index difference between Corning 7059 glass and a high refractive-index III-V compound what is widely used in the field of communicative -- the same result will not be obtained in the planar waveguide which used SiO₂ [like] or doped SiO₂ as the base. Moreover, it is not indicating that the paper of above-mentioned Minot et al. prepares an exaggerated cladding layer. this accumulates and the fiber in the single mode of a class which becomes about the very large structure of a refractive-index difference over the optical channel of the whole planar optical waveguide, which will come out and exist and which carries out and is used by the communication link for the mismatching (mismatch) of large optical loss and the Mohd Field diameter, or the many modes must have been suited. furthermore, an exaggerated cladding layer -- existing -- **** -- ** -- ** -- while producing change to the medium which adjoined planar optical waveguide and affecting propagation of the light within a core layer, a core layer will be exposed to the risk of mechanical breakage -- I will come out.

[0009] Other techniques for creating the planar light element in planar optical waveguide are developed.

[0010] U.S. Pat. No. 4547262 is indicating the approach of creating planar optical waveguide on the base of LiTaO₃. The approach is correcting the refractive index of a base ingredient alternatively with the ion-exchange technique, in order to acquire the optical geometrical configuration defined beforehand. However, this United States patent is not indicated about using an exaggerated cladding layer. Therefore, the planar optical waveguide created by this approach has the very large structure of a refractive-index difference over the whole optical channel, and cannot suit the fiber in the single mode of a class, or the many modes used by communication link.

[0011] U.S. Pat. No. 4141621 is indicating the approach of manufacturing the planar optical waveguide created by Nb₂O₅. The layer of TiO₂ is arranged between Nb₂O₅ layer of two Nb(s). TiO₂ two-layer achieves the function of the dirty stop (etch stop) for etching more Nb₂O₅ layer of upside Nb(s) into accuracy. The effective refractive index of the field etched is corrected by etching upside Nb₂O₅ ****. This United States patent indicates the effect of having added the trouble in this approach, i.e., TiO₂ two-layer, and while it produces the increment in waveguide loss by introducing TiO₂ two-layer in the 3rd column of the 33-38th line for the "stop dirty purpose, it will affect some of other propagation properties. Therefore, TiO₂ had to be kept as thin as possible, and if an effective stop dirty property moreover is not given, it will have described it as *****."

[0012] U.S. Pat. No. 4755014 is indicating the planar optical waveguide structure where two surface layers from which a refractive index differs continued on the base, and have been arranged. A refractive-index interface is prepared by it between these two surface layers. This refractive-index interface may function as a lens, prism, or an optical waveguide interface between planar channels according to the difference of that configuration, a dimension, or a refractive index. However, this United States patent is not indicated about an exaggerated cladding layer. Therefore, the planar optical waveguide created by this approach has the very large structure of a refractive-index difference over all optical channels, and cannot suit the fiber in the single mode of the type used by communication link, and the many modes.

[0013] The approach of further others contains the planar light element formed in the planar waveguide which consists of an Si₃N₄ induction layer which has SiO₂ cladding layer. This approach is indicated by a series of following papers and patent. Mottier et al., "Integrated Fresnel-Lens-on-ThermallyOxidized-Silicon Substrate", Applied Optics, vol. 20, no. 9, pages 1630-1634, May 1, 1981; Valette et al., "Integrated-optical

Circuits-Achievedby Planar-Technology-on Silicon-Substrates: Application to the OpticalSpectrum Analyser", and IEE Proceedings, vol.131, pt.H, no.5 and pages 325-31, October, 1984; Lizet et al. U.S. Pat. No. 4,740,951; Gidon et al. U.S. Pat. No. 4,786,133; And Gidon et al. U.S. Pat. No. 4,865,453.

[0014] The paper of above-mentioned Mottier et al. is indicating the planar optical waveguide which has Fresnel's lens. The Fresnel's lens is etched chemically and made with SiO₂ "an exaggerated layer" ("overlayer") for producing change in the effective refractive index of the planar waveguide in the field of the lens. A cavity has neither an indication nor a hint nor the indication about **** and hint that prepare an OBA-cladding layer in the crowning of the lens made and etched in the paper of this Mottier et al.

[0015] The paper of above-mentioned Valette et al. is indicating the various optical elements designed in the planar optical waveguide which used silicon as the base. That planar optical waveguide structure consists of a film of (1) silicon base, and a silica layer with a thickness of 1-4 micrometers obtained by oxidizing this silicon base thermally and (2) (3) silicon nitride, and a (4) silica exaggerated layer. A refractive-index difference is acquired by etching a SiO₂ exaggerated layer locally. Please refer to 327 or 328 pages of the paper of above-mentioned Valette et al. The paper of above-mentioned Valette et al. is not just ***** (ed) to the exaggerated clad applied on the optical element [ETCHIGU / element], and the cavity as some optical elements is not indicated, either.

[0016] Above-mentioned U.S. Pat. No. 4,740,951 is indicating the planar optical waveguide which may function as a multiplexer or a demultiplexer. The fundamental structure of this waveguide is similar with what is indicated by the paper of above-mentioned Valette et al. Some optical elements which demonstrate the desired function of waveguide with combination exist. A diffraction grating separates an input light beam and carries out the operation used as the discrete beam which conveys predetermined wavelength. These grids are obtained etching only the silica layer of the crowning of waveguide, or by etching the silica layer of the crowning and etching a silicon nitride layer partially. Although an exaggerated clad can be prepared in these grids, a cavity is not left behind to the field of a grid when an exaggerated cladding layer is applied. light -- those grids top -- or some mirrors reflectively converged to an output micro guide also exist. These mirrors are obtained by etching through three layers of the crowning of waveguide structure. Above-mentioned U.S. Pat. No. 4,740,951 has carried out neither an indication nor a hint about preparing an exaggerated clad in a mirror element.

[0017] Above-mentioned U.S. Pat. No. 4,786,133 is indicating the planar optical waveguide which may function as a multiplexer or a demultiplexer. The fundamental structure of this waveguide is similar with what is indicated by the paper of above-mentioned Valette et al. The main optical elements of this equipment are diffraction gratings. This grid is obtained by etching through three layers in the crowning of waveguide structure. This grid has the facet with which two foci agreed into the input and output part of planar optical waveguide, respectively. The metal layer is covered in order to raise the reflection property of that to the functional side of this grid. Above-mentioned U.S. Pat. No. 4,786,133 has carried out neither an indication nor a hint about preparing an exaggerated clad in this grid.

[0018] Above-mentioned U.S. Pat. No. 4,865,453 is indicating the planar optical waveguide which functions as a displacement transducer. The fundamental structure of this planar optical waveguide is similar with what was indicated by the paper of above-mentioned Valette et al. Some of the light corpuscle children are obtained by etching a top silica layer locally as indicated by the paper of above-mentioned Valette et al. It is obtained when two mirror elements carry out local etching of the three top layers of waveguide. Above-mentioned U.S. Pat. No. 4,865,453 has carried out neither an indication nor a hint about preparing an exaggerated clad in the mirror element.

[0019]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] One purpose of this invention is the planar optical waveguide which suited the need for the communication link field, and is offering the planar optical waveguide to which the substantial difference's exists between the refractive indexes of the core region which at least one planar light element possessing at least one interface which adjoined the cavity, and which functions optically was laid underground, and adjoined the cavity of planar optical waveguide, and it.

[0020] Other purposes of this invention are offering the planar optical waveguide which at least one planar light element possessing at least one interface which adjoined the cavity, and which functions optically is laid underground, and gives the function of a MxN coupler.

[0021] Other purposes of this invention are offering the planar optical waveguide from which at least one planar light element possessing at least one interface which adjoined the cavity, and which functions optically is laid underground, and this planar light element's is protected mechanically and optically by the

exaggerated cladding layer.

[0022] Other purposes of this invention are offering the approach of creating the planar optical waveguide which is the theme of this invention.

[0023]

[Means for Solving the Problem] This invention relates to the planar optical waveguide containing the planar light element possessing the interface contiguous to a cavity. Between the refractive indexes of the field of the core glass which may include air even if degassing is carried out, or adjoined the cavity and it, the cavity may contain other matter, as a substantial difference exists. The planar optical waveguide which is the theme of this invention may be designed so that the waveguide fiber in the conventional single mode or the many modes may adhere and it may operate with it.

[0024] one voice of this invention -- or [that the cavity includes air by preparing at least one planar light element possessing at least one interface which adjoined the cavity and which functions optically in planar optical waveguide if it depends like] -- or degassing is carried out. The refractive index of a cavity is set to about 1.0 by this. For example, with a lens, according to the difference of this refractive index, it has a comparatively short focal distance in planar optical waveguide, and the design to which the refractive index of the field of the core glass of planar optical waveguide becomes comparatively high is attained. In this case, a cavity is made with a concave which functions as a focusing lens.

[0025] According to other modes of this invention, at least one planar light element possessing at least one interface which adjoined the cavity at planar optical waveguide and which functions optically is prepared in planar optical waveguide, and the cavity contains other matter like the doped silica glass or amorphous silicon, silicon nitride, or oxy-silicon nitride. Thereby, the refractive index of the cavity with which it filled up becomes larger than about 1.5. For example, with a lens, when created by the silica by which it has a comparatively short focal distance in planar optical waveguide, for example, the field of the core glass of this planar optical waveguide is not doped by the difference of this refractive index, the design of the refractive index of the field of that core glass which becomes comparatively low is attained. In this case, the above-mentioned cavity is made with convex so that it may function as a focusing lens.

[0026]

[Example] this invention -- the theme -- it is -- a planar -- waveguide -- drawing 1 -- being shown -- having - - **** -- a base -- a field -- one -- a core -- glass -- a field -- two -- a koala -- gas -- a field -- two -- ' -- an interface -- three -- an interface -- three -- ' -- those -- an interface -- three -- and -- three -- ' -- between -- a cavity -- four -- and -- exaggerated -- a cladding layer -- five -- providing -- **** . An interface 3, a cavity 4, and interface 3' constitute the planar light element.

[0027] The planar waveguide which is the theme of this invention is created by the same approach, and it deals in it as it is indicated by the United States patent application No. 625,153 for which it applied on December 10, 1990.

[0028] On the essential target which consists of a silica, the past of the base field 1 is a planar-like base ingredient, and has the large dimension more substantially than the dimension of final planar optical waveguide. For example, the layer of the core glass which consists of SHIRIKASU-TO *-**(ed) in suitable refractive-index correction dopant matter like a gel maniac is installed by the base 1, and forms a composite construction.

[0029] This composite construction is KONSORIDE about the layer of KOASU-TO. - It is heated by sufficient temperature to carry out TO and carry out welding of it to a base ingredient. Thus, the acquired melting glass structure is heated till softening temperature, and creates planar light Kane of the last dimension as which it was extended and was chosen beforehand. This planar light Kane's cross-section dimension is substantially [as the cross-section dimension of final planar optical waveguide] the same.

[0030] The planar optical waveguide path beyond one or it in field 2 of field [of core glass] 2 and core glass' and a cavity 4 is etched by RISOGURAFU processing within planar light Kane. The exaggerated cladding layer 5 of a silica is installed in the form of a soot, and it is KONSORIDE about the soot. - It is heated by sufficient temperature to carry out TO and carry out welding to planar optical waveguide. The dimension of a cavity 4 is selected so that the cavity may not be full with the exaggerated cladding layer 5.

[0031] or [that the cavity 4 is filled with air] -- or although the cavity has about 1.0 refractive index when degassing is carried out, the field 2 of core glass and the refractive index of 2' are about 1.5, and this is the refractive index of SiO₂ doped glass. When such a substantial difference is in a refractive index, substantial optical profits are obtained. For example, when an interface 3 is a lens element, the optical refraction which passes through the interface increases with increase of the difference of a refractive index. Therefore, as the difference of a refractive index is large, the effective focal distance of a lens element becomes so shorter.

Since the number of the planar light elements which may be contained in the planar optical waveguide of predetermined size increases by this, the compact design of complicated planar optical waveguide is attained. Moreover, if a refractive-index difference is large, the radius of curvature of a lens element will become so small. By this, potential more large numerical aperture or incident angle becomes possible. If radius of curvature is small, generally the spherical aberration produced with a lens element will decrease. The substantial difference of a refractive index is larger than about 0.04, and the desirable range is about 0.04-2.0.

[0032] Although drawing 2 is the plan of the planar optical waveguide shown in drawing 1, the exaggerated cladding layer is not shown. The equipment shown in drawing 2 is 1x2 couplers created according to this invention. The light from the optical waveguide fiber 16 goes into a core region 12. An interface 13 is hit as all are shown to drawing 2 by the broken line substantially [the light from the optical waveguide which had the core 15 arranged the focus of an interface 13, or near it].

[0033] Core layer field 12" is the non-functional area of planar optical waveguide. Even if two channel 11' which a core region is etched ['] and made the base field expose is filled up with the exaggerated cladding layer, it does not need to be. These channels do not need to be filled up with an exaggerated cladding layer in this example of 1x2 couplers. an interface 13 is because it is designed between core glass 12 and channel 11' so that all may hit an interface 13 substantially [the light from an input optical fiber], as the light from the input optical fiber 16 completely resembles all of an interface substantially and it does not hit. Similarly, between field 12' of core glass, and channel 11', although direct coupling of all was carried out to optical fiber 16' and they passed interface 13' substantially [the light which passes this interface 13'], interface 13' is completely substantially designed so that neither of an interface may be hit.

[0034] The profits of the short focal distance in the planar optical waveguide created according to this invention are large. Drawing 3 shows 3x3 couplers created according to this invention. The light from three input optical waveguide fibers (not shown) goes into a coupler into input micro guide 20a which was formed in the core region by etching Channels 29a-29c from the left-hand side edge and which is essentially square waveguide - 20c. The light from each input micro guides 20a-20c crosses a cavity 23 as the lens let of an interface 22 be alike, respectively, and it is refracted. Interface 22' makes all the light refracted, and it is made to converge into the beam mixer 25 formed by etching a channel 28 in the field 24 of core glass.

[0035] The beam mixer 25 functions as giving good distribution of the light which hits an interface 26. An interface 26 makes the light which crosses a cavity 27 and hits an interface 26 collimate. It is made to converge into output micro guide 20a'-20c' formed [light / to which the lens let of interface 26' hit interface 26'] in field 21' of core glass by etching in channel 29a' - 29d'.

[0036] Since the refractive-index difference needed for the waveguide propagation which passes along input micro guidesa [20]-20c and output micro guide 20a'-20c' and the beam mixer 25 according to the fundamental light wave propagation theory is produced, when an exaggerated cladding layer is installed, it fills up with Channels 28, 29a-29d and 29a' - 29d'.

[0037] 3x3 couplers shown in drawing 3 are designed so that it may be bidirection again. Incidence of the input light may be carried out from a left-hand side edge as mentioned above, or it may carry out incidence from a right-hand side edge. The binding action is the same even if which of the edge of left-hand side or right-hand side is used for a design symmetrical as a core, and eye backlash are made in the beam mixer 25.

[0038] Moreover, in order to form a compound light subsystem like 1x4 couplers which have branching of 90o as shown in drawing 4 A, a considerable number of planar light elements are combined, and it can make with single planar optical waveguide. The light from an optical fiber goes into the core region 32 of planar optical waveguide from right-hand side in the location shown by the arrow head. An interface 33, 33', and 33" carry out reorientation of about 1/4 of the optical power of the whole which went into planar optical waveguide first, respectively. Core layer field 32" is the non-functional division of the core layer of planar optical waveguide. Since the refractive-index difference needed for the waveguide propagation which passes along the core region 32 according to the fundamental light wave propagation theory is produced, channel 31' which a core layer is etched ['] and is making the base field expose is designed so that it may fill up with an exaggerated cladding layer.

[0039] By drawing 4 B, the surrounding field of an interface 33 is expanded in order to show a detail. Only sufficient distance to deflect the quarter of the optical power of the whole which the interface 33 was having the include angle of 45o given, and carried out incidence to planar optical waveguide first has entered in the core region 32. The cavity 34 is filled with air or a vacuum, and the refractive index of this cavity 34 is 1.0. Total internal reflection (TIR) will produce the incident angle of the light which carries out incidence to an interface 33 to the part of the light which carries out incidence in the interface 33, since it will probably be

smaller than a critical angle. The light which carried out incidence to the interface 33 will be deflected in core-region 32' by this. The same deviation will arise in interface 33' and 33."

[0040] The gap 35 arranged between a cavity 34 and channels 36 and 37 in drawing 4 B is order whose die length is 5-20 micrometers. the light in a core region 32 or 32' since the die length of these gaps 35 is comparatively short -- essential -- completely -- a gap 35 -- passing -- core layer field 32a" -- it does not spread inside

[0041] Other examples of this invention are 1x2 splitters as shown in drawing 5 . In this case, the input light shown by the arrow head is divided into two output channels. The planar light element which consists of an interface 43 and a cavity 44 divides an input into one half, and makes one one half of the input turn at an angle of 90o. The planar light element which consists of interface 43' and cavernous 44' makes the same part of the above-mentioned input turn at an angle of 90o, and both output channels are physically arranged on the same edge of planar optical waveguide. Since the refractive-index difference needed for the waveguide propagation which passes along the core region 42 according to the fundamental light wave propagation theory is produced, when an exaggerated cladding layer is installed, channel 41' is full. The physics of the light reflex in an interface 43 and 43' is the same as that of it of 1x4 splitters which has 90o branching mentioned above about the equipment of drawing 4 A and 4B.

[0042] The lens interface 45 in the input of a core region 42 carries out the operation which converges the light which entered in the core region 42 from the input optical waveguide fiber (not shown). Lens interface 45' and 45" in an output of a core region 42 carry out the operation which converges the light which came out of the core region 42 into an output optical waveguide fiber (not shown).

[0043] drawing 6 -- an interface -- 53 -- a cavity -- 54 -- becoming -- the -- one -- a planar -- a light corpuscle -- a child -- Iriki -- a signal -- two -- a ** -- a part -- dividing -- and -- an interface -- 53 -- ' -- a cavity -- 54 -- ' -- and -- an interface -- 53 -- " -- a cavity -- 54 -- " -- becoming -- a planar -- a light corpuscle -- a child -- respectively -- two parts of the signal from said 1st planar light corpuscle child -- two more parts -- dividing . an interface -- 58 -- 58 -- ' -- 60 -- 60 -- ' -- 62 -- 62 -- ' -- a cavity -- 59 -- 59 -- ' -- 61 -- 61 -- ' -- 63 -- 63 -- ' -- becoming -- a planar -- a light corpuscle -- a child -- respectively -- these -- an interface -- incidence -- having carried out -- light -- reorientation -- carrying out -- four -- a ** -- an output channel -- physical -- a planar -- optical waveguide -- being the same -- a side -- positioning -- having -- making . The physics of the light reflex in these interfaces is the same as that of it of said two examples. Since the refractive-index difference needed for the waveguide propagation which passes along the core region 52 according to the fundamental light wave propagation theory is produced, when an exaggerated cladding layer is installed, it fills up with channel 51'.

[0044] One planar light element consists of examples of further others of this invention in the interface 73, and 73' and a cavity 74 as shown in drawing 7 A. The planar optical waveguide of drawing 7 shows 1x4 couplers. A cavity 74 is filled up with the silica glass 75 doped as shown in drawing 7 B, after etching as shown in drawing 7 A. The presentation of the silica glass 75 is chosen so that the refractive index of that may become higher than the field 72 of core glass, and that of 72'. Light goes into planar optical waveguide from one optical waveguide arranged at the left-hand side edge (not shown). The light is collimated by the interface 73. The Gauss Power distribution of the light which passes along planar optical waveguide is produced, the collimated input light is divided into four equal parts, and the configuration of interface 73' is chosen so that it may converge in [near the right-hand side edge / four] that four output optical waveguides are arranged (not shown). Since the refractive-index difference needed for the waveguide propagation which passes along the core region 72 and 72' according to the fundamental light wave propagation theory is produced, when an exaggerated cladding layer is installed, it fills up with channel 71'. The refractive-index difference is larger than about 0.04, and desirable range is 0.04-2.0.

[0045] I will explain further to a detail how to create the planar optical waveguide which is the theme of this invention about drawing 6 A - 6C and the planar optical waveguide shown in 7A and 7B. This approach is similar with what is indicated by the United States patent application No. 625,153 for which it applied on December 10, 1990. However, the planar optical waveguide of this invention does not need to be created according to the approach.

[0046] Drawing 6 a is the side elevation of one example of planar waveguide preforming. The approach used in order to create this example is explained.

[0047] The base 51 is created with fused silica or other suitable ingredients, and has the plane dimension on the essential large target more substantially than the dimension of a request of the last planar optical waveguide. In this example, the dimension of a base 51 is 1.2cm in die length of 35cm, width of face of 5cm, and thickness. It is not illustrated although the base 51 is equipped with the handle for using at the time

of processing.

[0048] A core layer 52 is technically installed by the top face of a base 51 using the well-known conventional soot sediment technique. The thickness of a core layer 52 is about 100 micrometers. This core layer 52 serves as SiO₂ from GeO₂ 8% of the weight. The exaggerated cladding layer 55 is installed on a core layer 52 using the conventional soot sediment technique. the exaggerated cladding layer 55 -- thick -- it is about 100 micrometers of mackerel, and consists of SiO₂.

[0049] Thus, obtained planar light preforming is heated for about 20 minutes at about 1450 degrees C, in order to carry out welding of a core layer 52 and the exaggerated cladding layer 55 to a base 52 and to form a planar light base material. Thus, the obtained planar light base material is heated till about 2100-degree C softening temperature, and planar light Kane who is extended and has 0.4cm of **** and a cross-section dimension with a thickness of 0.00cm is created.

[0050] This planar light Kane is processed by long die length, and it is made as [get / the optical waveguide of some / predetermined die length / is created, and]. The planar optical waveguide of each [the last of the processing] is separated, and it gets. Or it may be cut by the die length whose planar light Kane is the die length of a request of the last planar optical waveguide substantially, and may be processed separately. In explanation next [about this processing], it is cut by the die length whose planar light Kane is the die length of a request of the last optical waveguide substantially, and it is assumed that it is the thing processed separately.

[0051] Drawing 6 B shows some side elevations of the planar optical waveguide material at the time of RISOGURAFU processing obtained by doing in this way. After carrying out repetitive washing with deionized water, an acetone, and the solution of 1 - 2%HF, chromium coating 56 is installed by the planar optical waveguide base material using a RF-sputtering technique. Next, the organic photoresist covering 57 is installed on the chromium layer 56 by the spin covering processing by about 300 rpm. This covered planar light base material is calcinated for about 20 minutes in about 110 degrees C in a furnace.

[0052] The optical circuit mask which has the preselected optical circuit pattern is created using a Prior art. the covered planar light base material doubles with an optical circuit mask, and the organic photoresist covering 56 is exposed in ultraviolet-rays light -- having -- it -- the account of a top -- the above-mentioned organic photoresist covering 56 is made to imprint the preselected optical circuit pattern This pattern is developed using a commercial photoresist developer. After that, exposed organic photoresist covering is removed by washing in cold water (rinse) in deionized water.

[0053] The chromium coating exposed by having removed exposed organic photoresist covering is removed using a commercial chromium etching solution. After that, a planar optical waveguide base material is washed with an acetone, and it is removed by the rinse in the inside of deionized water. Consequently, a planar optical waveguide base material will have the chromium coating of the pattern of said preselected optical circuit.

[0054] The square from which a planar optical waveguide base material is not protected is etched using a reactive ion technique (reactive ion technique). After that, residual chromium coating is removed using a commercial chromium etching reagent. With the solution which consists of deionized water, commercial glass chestnut-NA, and 1 - 2%HF, by the wash and deionized water, the rinse of the planar optical waveguide base material is carried out, and it is dried.

[0055] Thus, the obtained planar optical waveguide base material is shown in drawing 6 C. By the approach of creating the planar optical waveguide shown in drawing 6 C, the dimension of channel 51' is designed so that width of face may be set to about 30 micrometers. For the application of a single mode, the triangular cavity 53 and 53' are designed so that it may have an oblique side equivalent to the width of face of the core region 52 whose width of face is about 6-8 micrometers. In the case of the application in the many modes, v typeface slot of a narrow channel is used instead of a triangular cavity. Cavity 59, 59', 61, 61', 63, and 63' is designed so that width of face may be set to about 3 micrometers. These dimensions are determined at the time of the lithograph processing of planar optical waveguide mentioned above.

[0056] An exaggerated cladding layer (not shown in drawing 6 C) is technically installed using a well-known soot sediment technique. The range of the temperature exposed in order to carry out welding of the soot exaggerated cladding layer to planar optical waveguide is 1450 degrees C - 1500 degrees C. The soot consists of SiO₂ or SiO₂ doped on low concentration level (<2 % of the weight) in GeO₂, B-2 O₃, or an ingredient like P₂O₅. With this temperature and presentation, the relative width of face and the configuration of a cavity, and interval which were contrasted with the channel have the following result. That is, although it will fill up with a channel if an exaggerated cladding layer is installed, it does not fill up with a cavity. It is thought that this phenomenon is similar to capillarity. At the time of soot sediment, since

circulation hardly exists in a cavity, a soot particle has the inclination to flow out of a cavity and not to be filled with a cavity. Moreover, an exaggerated cladding layer does not bend at the time of a fusing process for a presentation of that, and melting temperature. Moreover, the depth of a cavity is intentionally etched deeply rather than the core region of planar optical waveguide so that there may be nothing for which the soot deposited on the bottom of a cavity will cover a core region, namely, so that it may still be made the field of the core glass of planar optical waveguide and a cavity may exist in it.

[0057] Other techniques may be used in order to make an exaggerated cladding layer install. The easiest technique includes making the film of the optical matter which has a suitable refractive index for the front face of planar optical waveguide adhere strongly.

[0058] Other methods of making an exaggerated cladding layer install are based on tape casting technique (tape casting technique). The slurry containing the particle of the optical matter which has a necessary refractive index is created. This slurry is made with a thin film sheet. These thin film sheets are arranged on planar optical waveguide, and they are heated in order to weld to this planar optical waveguide. The optical matter used by this approach is not devitrified as a result of heating and a fusing process.

[0059] Other approaches of using it in order to make an exaggerated cladding layer install are plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) which uses a silane and a nitric oxide. PECVD is produced at temperature far lower than the conventional chemistry steamy sediment (CVD) technique. Also in this case, leaving a cavity to the field which functions optically [core glass], the depth of a cavity may be designed so that it may permit making a cavity partially full. Moreover, since temperature is low, PECVD can install the layer of a polymer ingredient before a PECVD process in a cavity. The refractive index of the layer of a polymer ingredient will become the same as the refractive index of an exaggerated cladding layer. Since a polymer layer carries out the seal of the cavity effectively, restoration of a cavity is not produced at the time of a PECVD process.

[0060] An exaggerated cladding layer may be installed at two processes. At the 1st process, the exaggerated cladding layer filled up with the channel of planar optical waveguide will be installed, for example by carrying out the mask of not a channel but the cavity, without being accompanied by exaggerated cladding of a cavity, or restoration. At the 2nd process, although a cavity can prepare an exaggerated clad as mentioned above, restoration is not made.

[0061] In the planar optical waveguide of the format shown in drawing 7 A and 7B, other processes are performed in processing. It is, after RISOGURAFU processing of planar optical waveguide is performed, and it is filled up with a cavity for a high refractive-index ingredient suitable before an exaggerated cladding layer is installed, and it makes, and is applied. The high refractive-index ingredient is other ingredients like the doped silica glass, silicon nitride, or oxy-silicon nitride, and it deals in it. This high refractive-index ingredient is applied by a conventional soot sediment technique or other conventional approaches which were mentioned above, and it deals in it. In order to carry out welding of the high refractive-index ingredient to planar optical waveguide, planar optical waveguide is heated. Finally, the Ore bark rad layer is installed and welding is carried out to planar optical waveguide.

[0062] More generally than the case with which an exaggerated cladding layer fills up a cavity where it does not have intention like, a cavity is large, when it is having it meant to fill up with a high refractive-index ingredient. Furthermore, a cavity can be made as [become / being filled up with a cavity to the level as which the high refractive-index ingredient which was etched more deeply than the case of the cavity with which it does not fill up, and was installed functions optically / the field of core glass / easier].

[0063] In the case of a coupler and a splitter, it is changed and deals in the geometrical geometry of a planar light element so that a binding fraction or split ratio may be corrected. For example, in 1x2 splitters shown in drawing 5, the amount of the light divided into each of the output whose distance in which an interface 43 crosses and extends the field 42 of core glass is two will be determined. Similarly, in 1x4 couplers shown in drawing 7 B, the amount of the light combined with each of the output channel whose die length on each front face of a lens of interface 73' is four will be determined.

[0064] Generally the engine performance of the equipment created by planar optical waveguide is expressed with superfluous loss. Superfluous loss shows the amount of the light which originates in division of an optical circuit and is lost by each optical channel. In the case of the 1x8 coupler design, the planar optical waveguide created according to this invention had superfluous loss of the range of 2-3dB. It depends for the magnitude of loss of specific planar optical waveguide on the complexity of an optical circuit at a part. That is, superfluous loss becomes larger as there are many planar light elements in a specific circuit. the magnitude of loss is like the front face of a coarse interface -- ** -- manufacture -- a top -- if a defect increases, it will increase in connection with it. That is, loss by dispersion of light becomes large as it will

become, if the roughness of an interface becomes large. This is equal to superfluous loss of other above-mentioned approaches of magnitude with an extent of 8-10dB. Theoretically, the superfluous loss from the planar optical waveguide created according to this invention is small like about 0.1-0.2dB.

[0065] The NxM coupler is important in especially a communicative field. In planar optical waveguide, contiguity association and y-splitter tree - and - branch design are created. Generally such equipment is the size of the range of 20 to 40mm. The manufacture tolerance needed for creating these equipments is very restrictive. For example, for the application of a single mode, after creating the dimension of a core region by etching, it is about 6-8 micrometers. This dimension needs to be precise to ** focusing on 0.5 micrometers, in order to avoid the superfluous propagation loss in planar optical waveguide. Moreover, y-splitter tree -, - branch, and a contiguity joint design have respectively M and N equal to 2x and 2y, and x and y are best suitable for creating the coupler which is an integer.

[0066] The MxN coupler created by planar optical waveguide according to this invention has some advantages as compared with y-splitter tree -, - branch, and the contiguity joint design. The range of the dimension of the matching whole MxN coupler which was created [1st] according to this invention is 2-5mm. The manufacture tolerance needed [2nd] for the dimension of the cavity in the planar optical waveguide of this invention can become high at about several microns, without having a bad influence on propagation of the light in the inside of the planar optical waveguide. Even if the about several microns dimension of a cavity changes, it is almost uninfluential to the focal distance of an interface, or joint loss. If the planar optical waveguide of this invention is used [3rd], since association is easily controllable, a MxN coupler like 1x3 or 1x6 can be carried out easily, for example. The theoretical loss from the MxN coupler created [4th] according to this invention will become smaller than the case of y-splitter tree - which is equal to this, and - branch design, since there are few interfaces in planar optical waveguide. For example, 1x8 couplers created according to this invention include two interfaces in the optical channel. It contains in every one each of the boundary of a cavity, it is suited, and it is **. This is equal to three splitter interfaces in each optical channel of 1x8 couplers created using y-splitter tree - and - branch design.

[0067] Other ingredients can also be used although the approach of creating the planar optical waveguide and planar optical waveguide of this invention which were explained on these specifications was explained about the glass ingredient. For example, the field which functions optically can be formed with a polymer, plastics, amorphism silicon, silicon, and a photoconductivity ingredient like transparent crystallized glass. Similarly, a base may be formed with an above-mentioned photoconductivity ingredient, or may be formed with a heat-resistant ingredient, for example, an alumina, or a non-photoconductivity ingredient like a metallic material.

[0068] Although this invention was illustrated and explained about the desirable example, it will be understood by this contractor about the format and detail of these examples that versatility can be changed, without deviating from the pneuma and the range of this invention defined as the claim. For example, although this invention was explained mainly about a planar light element like a lens or micro prism, this invention can be applied to other planar light elements like a grid. Moreover, this invention is ***** (ed) so that it may function also to the optical waveguide fiber in the conventional single mode or the many modes.

[Translation done.]

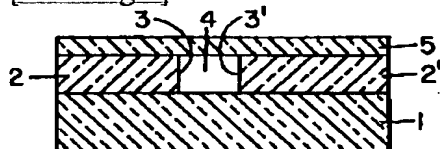
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

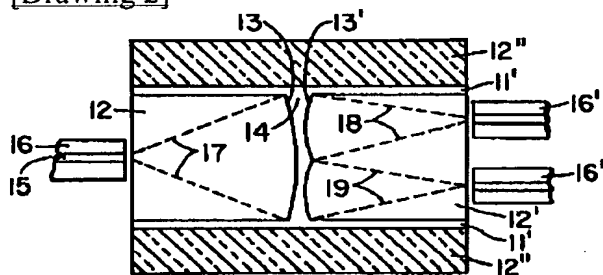
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

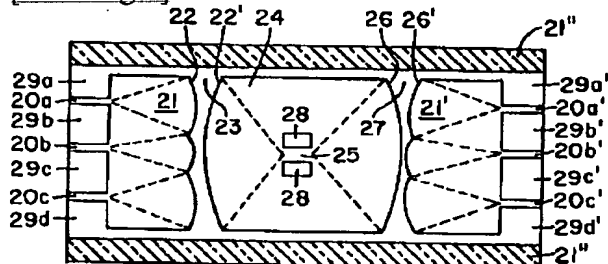
[Drawing 1]



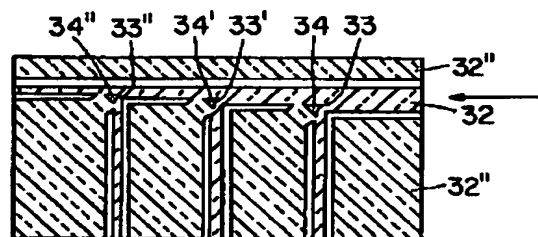
[Drawing 2]



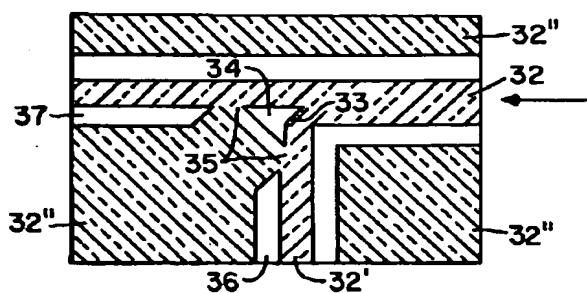
[Drawing 3]



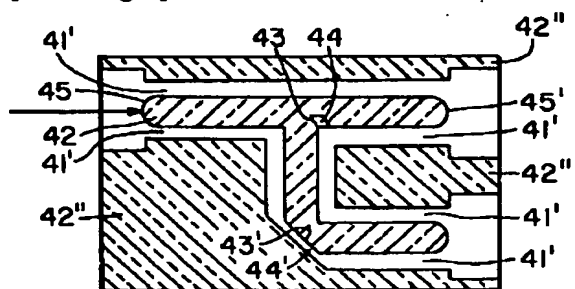
[Drawing 4 A]



[Drawing 4 B]



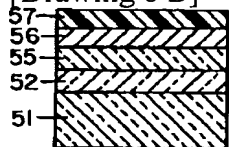
[Drawing 5]



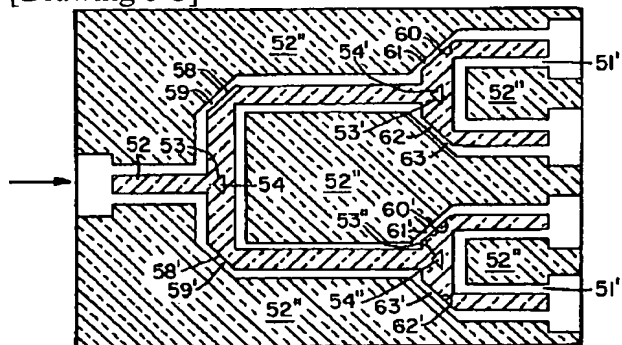
[Drawing 6 A]



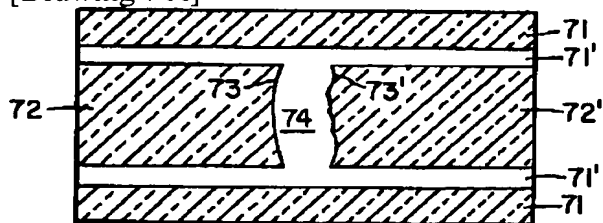
[Drawing 6 B]



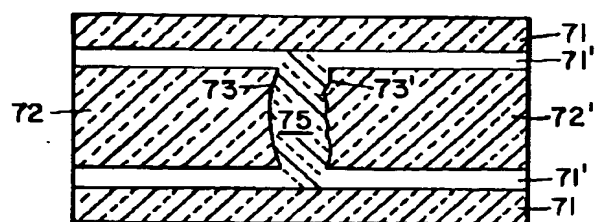
[Drawing 6 C]



[Drawing 7 A]



[Drawing 7 B]



[Translation done.]